

貯蔵中の発熱がサイレージの品質に与える影響

仲宗根一哉 伊佐真太郎 玉代勢秀正

I はじめに

近年、沖縄県においても畜産基地建設事業及び草地開発事業の推進などによりボトムアンローダ装備の大型気密サイロが多数導入され、低水分サイレージの利用が増加してきている。その中で、貯蔵中にサイレージが発熱するという事例も聞くようになってきた。発熱の原因については詰め込み材料の過乾燥、切断長が長いことや、追い詰め、サイロの気密性の不良、取り出し時における曝露などいずれにしても酸素の存在で生ずる好気性醗酵によるもの⁶⁾であるが、そうしたサイレージの中にはいわゆる二次醗酵による変敗とは異なり、単に褐色化しただけのものもある。この褐色化は、薫炭化あるいはカラメル化と称され、サイレージの醗酵品質とは無関係に発生することもある。¹⁾ その原因は通称メイラード反応またはアミノ・カルボニル反応と呼ばれる化学的酸化反応⁸⁾であるといわれている。この反応では飼料中の糖質分解産物とヘミセルロースや他の糖質が蛋白質と縮合し、そのことが、蛋白質の消化性の低下に関係することが知られている。アミノ・カルボニル反応は、通常の貯蔵状態においても進行するが、その反応速度は極めて遅く、好気性醗酵に伴う発熱等の高温下にあるとともに材料の水分がある範囲(30~40%)の条件下で急速に反応が進む²⁾といわれ、その反応熱の蓄熱によって、場合によっては燃焼にいたることもある⁹⁾という。一方、グラスサイレージにおいて40°C~80°Cの温度の発熱によって、非消化蛋白質の割合が20%から40%まで増加した³⁾という報告や蛋白質の消化率の低下は50°C以上で甚だしくなる⁴⁾という報告、さらに30°C~50°Cの温度上昇は農家サイロでは珍しいことではない⁷⁾という事実から、発熱によるサイレージの品質の低下はかなり多く起こっているものと考えられる。このようなサイレージを利用した場合、繁殖成績の低下やアルコール不安定乳の生産などの問題が生ずる⁵⁾といわれ、家畜への悪影響が懸念される。一般的にサイレージの品質といった場合、醗酵品質の評価で示され、家畜に対する飼養効果は含まれていない。¹⁰⁾ 確かに醗酵品質の高いサイレージは飼料価値も高い場合が多い¹⁰⁾が、薫炭化サイレージの場合、かならずしも醗酵品質が劣るとはいえず、家畜が好んで採食する場合もある⁴⁾ので、醗酵品質の評価との関係付は難しいものと思われる。そこで本報では、薫炭化が非酵素的反応によるものとして考え、人工的に加熱した緩地型牧草の非消化性蛋白質や、繊維含量の成分割合の変化を調査するとともに、県内の12戸の農家から19個のサイレージを採取し、貯蔵中の発熱の有無を調査し、若干の知見を得たので報告する。

II 材料及び方法

1. 人工加熱試験

供試した緩地型牧草は畜産試験場の圃場で栽培されたパンゴラグラス穂ばらみ期のものである。材料はハウス内で乾燥後、平均10mmの長さに切断した。その後、材料の水分が40%になるように蒸留水を加え、約1kgを200ml容のガラス瓶に密栓して入れた。これを室温で14日間放置したも

のを対照区とし、80°Cの温度に設定した循環乾燥機中に10日間放置したものを試験区として、種々の分析に供試した。

2. 実体調査

供したサイレージは1985年から1988年に収集したもので、本島北部の7戸の農家から12点、本島南部の3戸の農家から3点、八重山地方石垣島の2戸の農家から4点、計12戸の農家から19点である。材料草種は本島は北部及び石垣島ではローズグラス、ガットン及びギニアグラス、本島南部ではとうもろこしとネピアグラス及びさとうきび梢頭部であった。またサイロの型は本島南部の3戸の農家と石垣島の1戸の農家でバンカーサイロであり、その他は気密サイロであった。

3. 分析方法

- (1) 酸性デタージェント繊維(ADF)及びリグニンの定量：飼料の定量ADFおよびリグニンの定量はVAN SOESTの方法を一部改変した堀井・阿部の方法³⁾により行なった。
- (2) 酵素分析(OCC,OCWの定量)：有機物中の細胞内容物(OCC)及び有機物中の細胞物質(OCW)の定量は阿部らの方法²⁾によって行なった。
- (3) 結合蛋白質(ADIN)の定量：飼料をADF溶液で処理した残さの粗蛋白を常法により測定した。また試料の粗蛋白質含量からADINを差し引いて有効粗蛋白質を算出した。
- (4) その他の成分定量：水分、粗蛋白、粗脂肪の定量は常法⁹⁾により行った。

Ⅲ 結果及び考察

1. 人工加熱試験

人工加熱試験によって得られた試験区の試料の色調は、未処理及び対照区と比べ著しい違いがみられた。対照区では淡黄褐色であったのに対し、試験区では茶褐色を呈しており、独特のカaramel臭を発していた。薫炭化による褐色化とカaramel臭はサイレージの蛋白質がダメージ化した物理的指標になる⁸⁾といわれており、発熱によるサイレージの損傷の程度を知る上で、サイロからの取り出し時の品温とともに重要な判断の目安となろう。

表-1に未処理及び対照区と試験区の成分及び酵素分析の結果を示した。対照区と比較して試験区ではOCCを除き、各成分とも増加を示した。このことは、加熱によって、乾物の消失が大きいことを意味していると考えられる。牧草サイレージの場合、6日間の発熱持続によって、乾物損失割合が30%を越えることもある¹⁰⁾とされており、発熱によってサイレージの有効粗蛋白質の減少と乾物の損失、換言すれば飼料養分の損失を招く恐れがある。さらに酵素分析の結果で、試験区においてOCCが減少し、OCWが増加したことは、発熱によって、有機物の消化率が低下することを予想させる。古川ら¹⁾は褐色化サイレージにおいてTDNが低下することを報告しており、その主要因を可消化の構造性炭水化物量の低下であるとしている。一方、好気性条件下で発熱したサイレージは各種成分について、質的、量的な変化を受け、可溶性炭水化物の減少を通例とする¹⁰⁾といわれており、今回の結果はそれを裏付けするものであった。またOCWの増加については炭水化物の損失の他にリグニンの増加によることも考えられるが明らかでない。

表-1 加熱パンゴラグラスの成分含量

| 項目 区分 | 粗蛋白 (DM%) | ADF (DM%) | ADL (DM%) | 粗脂肪 (DM%) | OCC (DM%) | OCW (DM%) |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 未処理 | 9.39 | 42.37 | 6.19 | 2.90 | 15.5 | 76.5 |
| 対照区 | 9.87 | 45.20 | 9.17 | 3.17 | 11.4 | 80.6 |
| 試験区 (80℃10日) | 10.48 | 49.95 | 12.97 | 3.23 | 8.6 | 83.4 |

※ ADL: ADFリグニン、 OCC: 細胞内容物質、 OCW: 細胞壁物質

表-2 に未処理及び対照区と試験区の有効粗蛋白質と粗蛋白質に占める不溶性・非消化性の結合蛋白質(ADIN)の割合を示した。明らかに加熱処理した試験区においてADINの増加が認められた。粗蛋白質に対するADINの割合は55%にも達している。従って有効粗蛋白質は半分以下に減少しており、DCPの低下は著しいものと予想される。また、古川ら¹⁾は褐色化トウモロコシサイレージではリジン等数種のアミノ酸の低下があることを報告しており、興味深い。

表-2 加熱パンゴラグラスADINと有効粗蛋白含量

| 項目 区分 | 粗蛋白 (DM%) | ADIN (DM%) | 有効粗 蛋白(DM%) | ADIN/CP (%) |
|-----------------|--------------|---------------|----------------|----------------|
| 未処理 | 9.39 | 1.18 | 8.21 | 12.6 |
| 対照区 | 9.87 | 1.39 | 8.48 | 14.1 |
| 試験区 (80℃10日) | 10.48 | 5.77 | 4.71 | 55.1 |

※ ADIN:ADF中の粗蛋白質

2. 実態調査

農家サイレージの分析結果を表-3に示した。サンプルの水分は約40~80%までで、フリーク氏評価では優から劣までと様々であった。また、粗蛋白質は乾物で約5~12%と低い水準で、刈り遅れ気味であることがうかがえる。ADINについては約1~2%の範囲であったが、サンプル間で粗蛋白質含量に差があるため、有効粗蛋白質では低いものでは約3%のものもみられた。ADINはアミノ・カルボニル反応を示唆するが、今回の調査結果から、貯蔵中に高温の発熱があったという断定はできない。粗蛋白質に対するADINの割合をもって発熱の程度を推測できるかどうかはなお検討が必要であるが、この値が20%を越えるサンプルが8点あり、このうち最も高いものでは約43%であった。これらの中にはフリーク氏評価では優となるものもあり、醗酵品質との関係を考える上で興味深い。また、これらの農家のなかには、特に繁殖牛において、血液中の一部のミネラルが正常値を下回るものがあり、給与サイレージとの関係を現在調査しているところである。

表-3 農家サイレージ分析結果

| サンプル No. | 材 料 草 | サイロ型式 | サイレージ 水 分 (%) | 詰込年月日 | 取出し年月日 | フリーク氏 評 価 | C P (DM%) | ADIN (DM%) | 有 効 態 CP(DM%) | ADIN/CP (%) | A D L (DM%) |
|-------------|---------|-------|------------------|----------|----------|--------------|--------------|---------------|------------------|----------------|----------------|
| A-1 | ロ ー ズ | スチール | 53.60 | 86. 6.16 | 86. 8.10 | 優 | 5.24 | 2.25 | 2.99 | 42.9 | 10.72 |
| A-2 | ガットン | バンカー | 55.17 | 87. 6.12 | 87. 6.22 | 良 | 6.98 | 1.48 | 5.50 | 21.2 | 11.86 |
| B-1 | " | スチール | 69.80 | - | 88. 2. 1 | 劣 | 8.50 | 2.05 | 6.45 | 24.1 | 11.49 |
| B-2 | " | " | 64.80 | - | 88. 2. 2 | 劣 | 8.60 | 2.34 | 6.26 | 27.2 | 10.65 |
| C-1 | ロ ー ズ | " | 59.30 | - | 86. 7.22 | - | 10.05 | 0.93 | 9.12 | 9.3 | 6.72 |
| C-2 | " | " | 68.20 | 86. 4.25 | 86. 6.10 | 可 | 9.45 | 1.12 | 8.33 | 11.9 | 6.55 |
| C-3 | " | " | 69.60 | - | 87. 7.15 | 優 | 10.27 | 1.18 | 9.09 | 11.5 | 8.52 |
| C-4 | " | " | 41.90 | 86. 6.20 | 86. 9.10 | 優 | 7.25 | 1.83 | 5.42 | 25.2 | 7.42 |
| C-5 | " | " | - | - | 85. 9.19 | - | 7.57 | 1.20 | 6.37 | 15.9 | 7.78 |
| D-1 | " | " | 80.28 | - | 87. 7.15 | 劣 | 9.81 | 1.74 | 8.07 | 17.7 | 8.28 |
| D-2 | " | " | - | - | - | - | 9.74 | 1.22 | 8.52 | 12.5 | 7.47 |
| E | " | " | 55.42 | - | 87. 7.15 | 可 | 8.38 | 1.77 | 6.61 | 21.1 | 8.39 |
| F | " | " | 63.92 | - | 87. 7.15 | 優 | 9.71 | 1.79 | 7.92 | 18.4 | 9.75 |
| G | " | " | 62.22 | - | 87. 7.15 | 良 | 9.43 | 2.05 | 7.38 | 21.7 | 8.97 |
| H | ギニア | " | 75.73 | 87. 7. 8 | 87.10.19 | - | 7.21 | 1.43 | 5.78 | 19.8 | 8.53 |
| I | ロ ー ズ | " | - | - | - | - | 12.12 | 1.82 | 10.30 | 15.0 | 7.87 |
| J-1 | コーン+ネピア | バンカー | 80.40 | 86. 6.14 | 86. 7.14 | 可 | 6.62 | 1.08 | 5.54 | 16.3 | 8.77 |
| J-2 | " | " | - | - | - | - | 6.42 | 1.51 | 4.91 | 23.5 | 7.78 |
| K | キビ梢頭部 | " | 68.88 | 87. 3. | 87. 6.29 | 可 | 6.47 | 1.14 | 5.33 | 17.6 | 8.02 |

※ ADIN: ADF中の粗蛋白、 ADL: ADF リグニン A, B: 八重山(石垣)、 C~I: 沖縄本島北部、 J, K: 沖縄本島南部

暖地型牧草を基幹牧草とする本県においては牧草の粗蛋白質含有量及び消化率が寒地型牧草のそれと比べて低い傾向にある。従って貯蔵中の発熱による有効蛋白質の損失やTDNの低下が暖地型牧草のサイレージの品質を著しく低下させる可能性は大きいと考えらる。今後さらに県内における発熱サイレージの実態を把握するとともに、水分・温度および貯蔵期間により、有効蛋白質の損失割合がどのように変化するかなどについて詳しく調査を行う必要がある。

IV 要 約

貯蔵中の発熱によるサイレージの品質の変化を調査するために、人工加熱試験を行い、一部の成分の変化を調べた。また、農家における発熱サイレージの有無を確認するため、サンプルを収集し、種々の分析に供した。その概要は次のとおりである。

1. 80℃10日間の人工加熱により飼料の褐変化がみられ、カラメル臭を發した。
2. 加熱試料においては、OCCを除き、成分割合の増加がみられ、乾物の消失があることが確認された。また、酵素分析の結果から、消化率の低下が予想された。
3. 加熱試料においては、有効粗蛋白質の減少がみられ、対照区に比較して半分以下となった。このことからDCPの著しい低下が予想された。
4. 農家から収集したサイレージの中には、粗蛋白質に占める非消化性蛋白質の割合が高いものがみられ、貯蔵中の発熱により、粗蛋白質が損傷を受けたものと考えられた。

V 引用文献

1. 古川良子 他3名、トウモロコシサイレージ貯蔵中の褐変による品質低下、日草誌、30(3)、291-296、1984
2. 堀井 聡・阿部 亮、粗飼料の細胞膜構成物質に関する研究、畜産試験場研究報告25、63-68、1972
3. 堀井 聡・阿部 亮、粗飼料の細胞膜構成物質に関する研究、畜産試験場研究報告23、83-87、1970
4. 神立 誠監修、家畜栄養学、P443、国立出版、1987
5. 森本 宏、動物栄養試験法、養賢堂、P. P28-298、1971
6. 農林水産省草地試験場、粗飼料の切断長・二次醗酵・品質評価について、草地試資料No.56-3、28-29、1981
7. 須藤 浩、異常サイレージとサイレージ給与に関連する家畜の病気の問題(1)、畜産の研究、39(5)、1077-1082、1985
8. 須藤 浩、異常サイレージとサイレージ給与に関連する家畜の病気の問題(2) 畜産の研究、39(10)、1217-1221、1985
9. 戸苅哲郎・高橋圭二、粗飼料のくん炭化とその防止対策、牧草と園芸、34(5)、11-15、1986